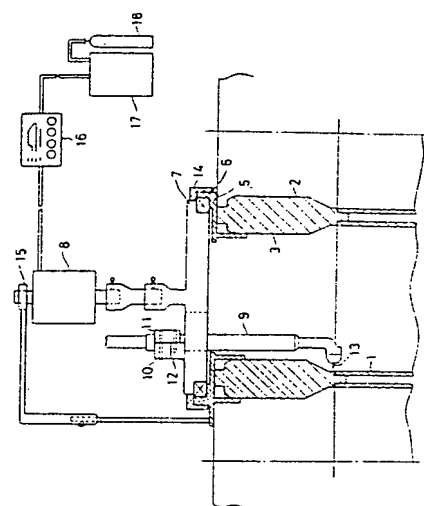


**(54) AUTOMATIC WELDING EQUIPMENT IN PIPE INSIDE PERIPHER DIRECTION**

- (11) 63-149073 (A) (43) 21.6.1988 (19) JP  
 (21) Appl. No. 61-294910 (22) 12.12.1986  
 (71) TOSHIBA CORP (72) HIROMASA TADA  
 (51) Int. Cl. B23K9/02, B23K9/26, B23K9/28

**PURPOSE:** To satisfactorily perform the fusion welding of pipe to a pipe plate regardless of the inside diameter of the pipe by rotating body of rotation at the constant speed to move an L-shaped welding torch along a weld line of the pipe and the pipe plate.

**CONSTITUTION:** At the time of performing the fusion welding of the pipe 1 to the pipe plate 2 with an I-shaped groove, a fixed base 5 is positioned and fixed on a hold part 3 of the pipe plate 2 and the body 7 of rotation is installed on the fixed base 5 via a bearing 6. After the L-shape welding torch 9 is installed on a torch positioning stand 12 of the body 7 of rotation, a driving motor 8 is rotated at the constant speed by a controller 16. When the driving motor 8 is rotated, the L-shaped welding torch 9 is moved along the weld line of the pipe 1 and the pipe plate 2 by the rotation of the body 7 of rotation and the pipe 1 and the pipe plate 2 are subjected to the fusion welding by the electric energy supplied from a welding source 17.



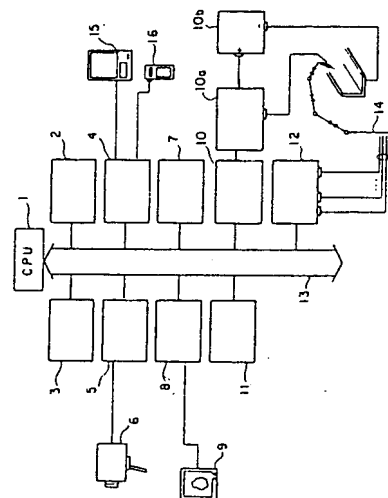
Setting

**(54) ARTICULATED WELDING ROBOT DEVICE SUPPLEMENTED BY IMAGE PROCESSING FUNCTION**

- (11) 63-149075 (A) (43) 21.6.1988 (19) JP  
 (21) Appl. No. 61-294999 (22) 12.12.1986  
 (71) MITSUBISHI ELECTRIC CORP (72) KOICHI INDO  
 (51) Int. Cl. B23K9/12, B25J9/16

**PURPOSE:** To accurately perform the welding corresponding to even a curvilinear weld line by keeping image information photographed by a camera in image memory and image-processing the image information entered the image memory.

**CONSTITUTION:** A starting point key is pushed by a pendant box 16 and a starting point of an object to be welded is taught and at the same time, an image at that time is taken in and stored in the image memory part 11. Next, a finishing point key is pushed by the pendant box 16 and a finishing point of the object to be welded is taught and at the same time, the image at that time, is taken in and stored in the image memory part 11. The logical sum images of two images stored in the image memory part 11 are superposed by an image processing part 8 and an inclination of a welding torch is calculated constantly with a ROM part 2 and the image of the welding torch is erased from the superposed images. The borderline extraction processing is performed on the erased image and only the weld line is extracted.



3: system memory part. 4: man-machine interface part.  
 5: camera interface part. 7: position arithmetic part. 10: welding source interface part. 10a: contact detection part.  
 10b: welding source part. 12: drive part

**(54) MANUFACTURE OF PIPE COMPOSED OF TITANIUM OR TITANIUM ALLOY**

- (11) 63-149077 (A) (43) 21.6.1988 (19) JP  
 (21) Appl. No. 61-297049 (22) 12.12.1986  
 (71) KOBE STEEL LTD (72) YOSHIYUKI MIYAMOTO(2)  
 (51) Int. Cl. B23K9/23, B23K9/225

**PURPOSE:** To obtain the welding bead of high quality by making the distance between the electrode tips at the final side among plural electrodes arranged at the upper part of a butt part, the total welding current given to the plural electrodes and the welding current given to the final electrode within the range satisfying the specified inequality respectively.

**CONSTITUTION:** The strip plate consisting of titanium or titanium alloy is made a tubular body and the pipe is made with TIG welding by the plural nonconsumable electrodes arranging the butt part in the longitudinal of the tubular body. In this case, the distance L between the tips of two electrodes at the final side among plural electrodes is made within the range satisfying inequalities I, II and the total welding current It give to the plural electrodes is made within the range satisfying the inequality III. And the welding current If given to the final electrode among the plural electrodes is made within the range satisfying the inequality IV. Whereas, L: distance mm between tips of electrode, V: pipe making speed mm/min, T: pipe thickness mm, It: total welding current A, If: welding current A of final electrode, Im: mean welding current per each electrode.

$$0.0035VT^{1.5} \leq L \leq 0.0070VT^{1.5} + 20 \quad \text{I}$$

$$10 \leq L \leq 70 \quad \text{II}$$

$$0.09VT^{1.5} + 30 \leq It \leq 0.09VT^{1.5} + 130 \quad \text{III}$$

$$0.5Im \leq If \leq Im \quad \text{IV}$$

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-149077

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

B 23 K 9/23  
9/225

識別記号

庁内整理番号

G-7727-4E  
7920-4E

⑭ 公開 昭和63年(1988)6月21日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全13頁)

⑮ 発明の名称 チタンまたはチタン合金からなる管の製造方法

⑯ 特 願 昭61-297049

⑰ 出 願 昭61(1986)12月12日

⑱ 発 明 者 宮 本 淳 之 兵庫県神戸市西区池上5-8-11  
⑲ 発 明 者 米 澤 和 男 神奈川県鎌倉市手広731-1  
⑳ 発 明 者 沢 久 栄 一 郎 福岡県北九州市門司区黄金町10-16  
㉑ 出 願 人 株式会社神戸製鋼所 兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目3番18号  
㉒ 代 理 人 弁理士 堀 良 之

明 細 書

1 発明の名称

チタンまたはチタン合金からなる管の製造方法

2 特許請求の範囲

チタンまたはチタン合金からなる帯板を板幅方向に湾曲して管状体となし、該管状体の長手方向突合せ部をその上に配列した複数本の非消耗電極にてTIG溶接して管を製造する方法において、

前記突合せ部の上方に配列した複数電極のうち最終側2本の電極先端間距離(L)を下記(I)、(II)式を満足する範囲内としてあつて、前記複数電極に与える総溶接電流(I<sub>t</sub>)を下記(III)式を満足する範囲内にすると共に、前記複数電極のうち最終電極に与える溶接電流(I<sub>f</sub>)を下記(IV)式を満足する範囲内にすることを特徴とするチタンまたはチタン合金からなる管の製造方法。

$$0.0035VT^{1.5} \leq L \leq 0.0070VT^{1.5} + 20 \dots (I)$$

$$10 \leq L \leq 70 \dots (II)$$

$$0.09VT^{1.5} + 30 \leq I_t \leq 0.09VT^{1.5} + 130 \dots (III)$$

$$0.5I_m \leq I_f \leq I_m \dots (IV)$$

ただし、L : 電極先端間距離 (mm)

V : 造管速度 (mm/min)

T : 管肉厚 (mm)

I<sub>t</sub> : 総溶接電流 (A)

I<sub>f</sub> : 最終電極の溶接電流 (A)

I<sub>m</sub> : 各電極当りの平均溶接電流 (A)

3 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は造管速度を向上させる複数電極によるTIG溶接管製造方法に関し、詳細には電極先端間距離と電極に与える溶接電流とを適正範囲に設定して造管速度を高め得るチタンまたはチタン合金(以下まとめてTiと旨う。)からなる管の製造方法に関するものである。

(従来の技術)

溶接Ti管の製造に当っては、例えば第8図に示す管成形装置にて帯板を連続的に板幅方向に湾曲させて管状体とし、該管成形装置に配設されたTIG溶接機にて成形された管状体の突合せ部を連続的に溶接造管する。

第8図において、(1)はアンコイラーであつて、該アンコイラー(1)はTi帯板(9)の供給源である。

(2)は成形ロールであつて、該成形ロール(2)はそれぞれ対をなして基台(4)上に配列され、かつ水平に回転する対と垂直に回転する対とが交互に配列されてある。またこれら成形ロール(2)は、アンコイラー(1)より供給された帯板(9)をU字状に成形するブレークダウンロール(3)、O字状に成形するフィンパスロール(4)、O字状に成形された帯板の両側端を被溶接用突合せ部として保持するスクイズロール(5)、およびスクイズロール(5)の上方に配設されたTIG溶接機(7)にて溶接された管を所定外径寸法に仕上げるサイジングロール(6)よりなる。

前記アンコイラー(1)より成形ロール(2)に供給されたTi帯板(9)は上記管成形装置にて管状体に成形されると共に前記スクイズロール(5)の上方に配設されたTIG溶接機にて溶接されて溶接Ti管となる。

なお、上記TIG溶接機は従来単電極のものが使用されていた。

一方、鋼管あるいはステンレス鋼管の製造に当

つて、複数本の電極にてTIG溶接する方法が知られており、その具体的手法についても種々の提案があつて、例えば第9図に示す特公昭56-28629号公報に開示された溶接装置および第10図に示す特公昭53-34771号に開示された溶接鋼管製造方法等の提案がある。

上記前者の従来技術(特公昭56-28629号の提案)になる溶接装置を示す第9図において、40は管状体であつて、該管状体40は薄肉鋼帯板を成形リング41にて板幅方向に湾曲成形された被溶接体で、図中の矢印方向に移動する。

42は溶接ヘッドであつて、該溶接ヘッド42はホルダー43に支持され前記管状体40と直角に垂直ならびに水平方向に移動調整可能とされている。

43、44、45は非消耗電極であつて、これら3本の電極43、44、45は同一直線上に配列されて前記溶接ヘッド42に保持されている。

また、中央に配された第2電極44は前記管状体40に対し直角となるよう前記溶接ヘッド42に保持され、その前後に配された第1電極43と第3電極

45は該第2電極44に対し斜めに、かつそれぞれ支持部46を支点として旋回可能に前記溶接ヘッド42に保持されてあつて、スプリング47と止めねじ48を介してそれぞれ前記第2電極44に対する傾き角を微調整可能とされている。

この前者の従来技術になる溶接装置は上記構成にて、前記第1および第3電極により形成される溶融部が溶接作業中に前記第2電極により形成された溶融部と繋がるよう調整可能としてあつて、これら3本の電極により溶接電流を分割供給すると共に3本の電極にて一連の溶融アールを形成することで薄肉鋼管の溶接造管を可能とするものである。

また、上記後者の従来技術(特公昭53-34771号の提案)になる溶接鋼管製造方法を示す第10図において、40は管状体であつて、該管状体40は鋼帯板をそれぞれ対をなす成形ロールにて板幅方向に湾曲された被溶接体である。

41は一对のフィンパスロールであつて、ここではブレークダウンロール、フィンパスロール等

のそれぞれ対をなす一連の成形ロール群の最終の一对を例示している。

42、43、44はそれぞれ対をなすスクイズロールであつて、ここでは中央に配された一对のスクイズロール44にて前記管状体40に最大のスクイズを与えるものとされている。

45、46、47、48は非消耗電極であつて、これら電極45、46、47、48はそれぞれ前記被溶接体なる管状体40の突合せ部の上方に配列されている。

また、これら電極45、46、47、48のうち、先行の3本については前記管状体に最大のスクイズを与えるスクイズロール44の前方に配し、かつ該3本の電極中の最終電極48により形成された溶融部が前記最大スクイズを与えるスクイズロール44の中心点よりも前方に位置する様配されている。

なお、前記スクイズロール44の後方に配設された電極49は溶接ビード表面の形状補正または溶接境界部の加熱のためのものであつて、溶接ビードの完全溶込みには関与しないものとされている。

この後者の従来技術になる溶接鋼管製造方法は、3対以上のスクイズロールを配設し、かつ複数電極を最大スクイズを与えるスクイズロールの前方に配列することで、被溶接体なる管状体の突合せ部に発生する管外周方向への反力を抑え、該反力による微小亀裂やアンダーカットの発生を防止し、もつてステンレス鋼等の高合金についても2 m/min以上の高速にて溶接造管し得るものである。

(発明が解決しようとする問題点)

本発明者等はかねてより溶接によるTi管を高品質にかつ高速に生産する技術開発に関し鋭意研究を重ねており、前述の鋼管あるいはステンレス鋼管に関する提案等に開示された技術、すなわち複数電極によるTIG溶接法に着目し、これをTi管の製造に応用してその造管速度を向上せしめんとした。

これは、前述の単電極TIG溶接機による従来のTi管溶接方法では、高速で走行する管状体の突合せ部について十分な溶込みを得るために大きな

溶接電流を単一の電極に与えなければならず、この単電極に供給する大きな電流を管状体の走行速度等と微妙に調和させることが困難であり、このため溶接電流が過大となつてアークの貫通が起るとか過少になつて溶接ビードのアンダーカットが発生する等の管製品の品質に致命的な欠陥が発生する欠点があつて、この単電極による溶接ではTi管の造管速度をある限度(例えば1 mm以下の肉厚のTi管では35 m/min, 1.5 mm程度の肉厚のTi管では1 m/minの造管速度が限界とされていた。)以上に高めることが実質的に制約されていた。

しかしこれらの問題は複数電極に溶接電流を分割供給することで、より高速レベルにおいても回避し得ると期待されたからである。

しかし、前述の鋼管あるいはステンレス鋼管に関する提案になる複数電極によるTIG溶接方法をTi管に対し試行してみると、たしかに前記単電極TIG溶接機にて造管速度を高めたとき発生する欠陥は解消されたが、これとは別に溶接の盛上

りによる溶接中断(先行電極の後方溶融部溶融が盛り上り、その後行電極と短絡して溶接の続行が不能となる現象)や溶接ビードが不安定となる等の問題が発生することが明らかになつた。

一方、溶接にて造管されたTi管は通常溶接状態のまま使用されることより溶接部のビード形状、すなわち管製品の溶接ビード品質について特に厳しい要求がなされる。その溶接ビード品質を判定する因子のうち特に重要な因子としては、溶接ビードの断面模式図である第4図に示す④Tc:ビード中央部肉厚、⑤Wi:内面ビード幅、⑥Wo:外面ビード幅等と、その他に⑦外面ビード平坦度がある。

そしてまた、上記溶接Ti管のビード品質に影響を与える重要な製造条件因子としては、造管速度、管肉厚、溶接電流、電極傾き角等があるが、複数電極を用いる場合には前記製造条件因子に加えて各電極の先端間距離および各電極に対する溶接電流の配分等が重要な因子であることが明らかとなつた。

本発明は上記の問題点に鑑み、造管速度および管肉厚との関連において、複数電極の適正電極配置と各電極に与える適正溶接電流条件を把握し、もつて溶接ビード品質を確保してなお造管速度を向上し得るチタンまたはチタン合金からなる管の製造技術の提供を目的とするものである。

(問題点を解決するための手段)

上記問題点を解決するための本発明にかかるチタンまたはチタン合金からなる管の製造方法は、チタンまたはチタン合金からなる帯板を板幅方向に湾曲して管状体となし、該管状体の長手方向突合せ部をその上に配列した複数本の非消耗電極にてTIG溶接して管を製造する方法において、前記突合せ部の上方に配列した複数電極のうち最終側2本の電極先端間距離(L)を下記(I)、(II)式を満足する範囲内としてあつて、前記複数電極に与える総溶接電流(I<sub>Σ</sub>)を下記(III)式を満足する範囲内にすると共に、前記複数電極のうち最終電極に与える溶接電流(I<sub>1</sub>)を下記(IV)式を満足する範囲内にすることを特徴とするものである。

$$0.0035VT^{1.5} \leq L \leq 0.0070VT^{1.5} + 20 \text{ ---- (1)}$$

$$10 \leq L \leq 70 \text{ ---- (2)}$$

$$0.09VT^{1.5} + 30 \leq It \leq 0.09VT^{1.5} + 130 \text{ ---- (3)}$$

$$0.5Im \leq If \leq Im \text{ ---- (4)}$$

ただし、L : 電極先端間距離 (mm)

V : 造管速度 (mm/min)

T : 管内厚 (mm)

It : 施溶接電流 (A)

If : 最終電極の溶接電流 (A)

Im : 各電極当りの平均溶接電流 (A)

#### (作 用)

本発明者等は前記問題点を説明するに当り溶接条件、特に複数電極の先端間距離、各電極に与える溶接電流等を造管速度および管内厚との関連において研究を行った。以下その研究経緯に沿って本発明を説明する。

なお、試験溶接に使用した管成形装置は概要第3図に示すものである。

第3図において、(1)はアンコイラーであつて、該アンコイラー(1)はTi帯板(7)を管成形装置に供給

にてTi帯板(7)の厚さを測定するものとした。

(1)は電流コントロールであつて、該電流コントロール(1)は各電極(7)の溶接電源(9)を制御し、各電極(7)に与える溶接電流をそれぞれ調節・設定するものとした。

上記第3図に示す構成にてTi帯板(7)を管状体に成形すると共に、その突合せ部の上に配列した複数電極(7)を用いて該突合せ部を種々の条件下にて試験溶接を行った。

なお、試験溶接では管内外面の溶接ビードに対して酸素が混入するのを防止する目的で、溶接点近傍をArガスにてシールドした。

試験溶接は、まず前述の鋼および合金鋼に関する従来技術をTi管の溶接に適用したときに発生した問題点、すなわち溶接の盛上りによる溶接の中断を解消し得る電極配置条件の把握を目的として行った。

なお、以降に記載の電極番号(例えば第1電極、第2電極等)は溶接開始側、すなわちTi帯板を供給する前述のアンコイラー(1)側を前方とし、か

するものである。

(2)は成形ロールであつて、該成形ロール(2)は、ブレードダウンロール(8)、フィンパスロール(4)、スクイズロール(5)およびサイジングロール(6)等の配列よりなるもので、これらは前述の第8図に示した管成形装置とスクイズロール(5)の配置数以外は基本的に同一の構成である。

なお、スクイズロール(5)は種々の試験造管速度に対して管状体のスプリングバックの影響を最少とするため5対配置した。

(4)は電極ホルダーであつて、該電極ホルダー(4)は複数本の電極を管状体の突合せ部の上に配列するよう保持し、また各電極の先端間距離および傾き角を調整可能に保持し、かつ一体的に垂直および水平方向に移動可能なものとした。

(5)は速度検出器であつて、該速度検出器(5)は検出ロール(8)の回転を計測することで管状体の移動速度を検出するものとした。

(7)は板厚測定器であつて、該測定器(7)は成形ロール(2)の前方に配された非接触式超音波探触子(8)

つ溶接終了側、すなわち前記サイジングロール(6)側を後方として、この前方よりの番号とする。

また電極の傾き角とは電極先端を前方に、上端を後方に傾け、電極先端において管状体に対して垂直に引いた線と電極とのなす角度を言う。

まず2電極を用いた試験溶接にて電極先端間距離等を種々変更して溶接盛上りの有無を調べたところ第1表と第2表とに示す結果が得られた。

なおこれら試験に供された材料はJIS規格のS4631第2種に基く工業用純チタンである。

(以下余白)

第 1 表

| V<br>(m/min) | $\theta_1$<br>(度) | L <sub>12</sub> (mm) |    |    |    |    | I <sub>1</sub><br>(A) | I <sub>2</sub><br>(A) |
|--------------|-------------------|----------------------|----|----|----|----|-----------------------|-----------------------|
|              |                   | 15                   | 20 | 30 | 40 | 50 |                       |                       |
| 10           | 15                | -                    | ×  | ×  | ○  | -  | 300                   | 200                   |
| 10           | 30                | ×                    | ×  | ○  | ○  | ○  | 300                   | 200                   |
| 7.5          | 30                | ×                    | ○  | ○  | ○  | -  | 200                   | 200                   |

V : 造管速度

× : 溶湯盛上り発生

○ : 溶湯盛上りなし

 $\theta_1$  : 第1電極の傾き角I<sub>1</sub> : 第1電極の溶接電流I<sub>2</sub> : 第2電極の溶接電流L<sub>12</sub> : 第1電極先端と第2電極先端との距離ただし、第2電極の傾き角  $\theta_2 = 30^\circ$ 

管内厚 T = 0.7 mm

管径 = 25.4 mm とした。

次に管状体の突合せ部の上方に3本の電極を配列する以外は前記と同様の条件をとり、第2電極先端と第3電極先端との距離L<sub>23</sub>等を種々変更して試験溶接を行い溶湯盛上りの有無を調べたところ、第3表と第4表とに示す結果が得られた。

なお、これら試験に供された材料はJIS規格のH4631第2種に基づく工業用純チタンである。

(以下余白)

第 2 表

| L <sub>12</sub><br>(mm) | I <sub>2</sub><br>(A) | I <sub>1</sub> (A) |     |     |     |
|-------------------------|-----------------------|--------------------|-----|-----|-----|
|                         |                       | 200                | 250 | 300 | 350 |
| 20                      | 200                   | ○                  | ○   | ×   | -   |
| 20                      | 250                   | ○                  | ×   | -   | -   |
| 30                      | 100                   | ○                  | ○   | ○   | ×   |
| 30                      | 200                   | ○                  | ○   | ○   | -   |
| 30                      | 300                   | ○                  | -   | -   | -   |

× : 溶湯盛上り発生

○ : 溶湯盛上りなし

I<sub>1</sub> : 第1電極の溶接電流I<sub>2</sub> : 第2電極の溶接電流L<sub>12</sub> : 第1電極先端と第2電極先端との距離ただし、第1、第2電極の傾き角  $\theta_1, \theta_2 = 30^\circ$ 

管内厚 T = 0.7 mm

管径 = 25.4 mm

造管速度 V = 10 m/min とした。

第 3 表

| V<br>(m/min) | L <sub>23</sub> (mm) |    |    |    |    |    |    | I <sub>1</sub><br>(A) | I <sub>2</sub><br>(A) | I <sub>3</sub><br>(A) |
|--------------|----------------------|----|----|----|----|----|----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|              | 15                   | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 |                       |                       |                       |
| 5            | ○                    | ○  | ○  | -  | ○  | -  | -  | 130                   | 130                   | 130                   |
| 5            | ×                    | ○  | ○  | -  | ○  | -  | -  | 150                   | 150                   | 90                    |
| 7.5          | ×                    | ×  | ○  | ○  | ○  | -  | -  | 160                   | 160                   | 160                   |
| 10           | -                    | ×  | ×  | ○  | ○  | ○  | ○  | 200                   | 200                   | 200                   |
| 10           | -                    | -  | ×  | ×  | ○  | -  | -  | 225                   | 225                   | 150                   |

V : 造管速度

× : 溶湯盛上り発生

○ : 溶湯盛上りなし

I<sub>1</sub> : 第1電極の溶接電流I<sub>2</sub> : 第2電極の溶接電流I<sub>3</sub> : 第3電極の溶接電流L<sub>23</sub> : 第2電極先端と第3電極先端との距離

ただし、管内厚 T = 0.7 mm, 管径 = 25.4 mm

第1電極先端と第2電極先端間の距離 = 30 mm,

第1, 2, 3電極の傾き角は全て  $30^\circ$  とした。

第 4 表

| V<br>(m/min) | L <sub>23</sub> (mm) |    |    |    | I <sub>1</sub><br>(A) | I <sub>2</sub><br>(A) | I <sub>3</sub><br>(A) |
|--------------|----------------------|----|----|----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|              | 15                   | 20 | 30 | 40 |                       |                       |                       |
| 2            | ×                    | ○  | ○  | ○  | 150                   | 150                   | 150                   |
| 3            | ×                    | ×  | ○  | ○  | 200                   | 200                   | 200                   |
| 4            | ×                    | ×  | ×  | ○  | 260                   | 260                   | 260                   |
| 4            | —                    | ×  | ○  | ○  | 300                   | 150                   | 300                   |

V : 造管速度

× : 溶湯盛上り発生

○ : 溶湯盛りなし

I<sub>1</sub> : 第1電極の溶接電流I<sub>2</sub> : 第2電極の溶接電流I<sub>3</sub> : 第3電極の溶接電流L<sub>23</sub> : 第2電極先端と第3電極先端との距離

ただし、管肉厚 T = 1.6mm, 管径 = 25.4mm,

第1電極先端と第2電極先端間の距離 = 30mm,

第1, 2, 3電極の傾き角は全て30°とした。

ただし、 $L > 70$  (図中のB領域) になると電極先端間が離れ過ぎて入熱効率が悪化するだけでなくArガスによるシールド性にも問題が出てくる。また  $L > 0.0070VT^{1.5} + 20$  (図中のC領域) になると入熱効率が悪化し複数電極を用いるメリットが無くなる。さらに  $L < 10$  (図中のD領域) になると電極先端間が近接し過ぎてアークの干渉が激しくなり溶接が不安定となる。

従って、溶湯の盛上りを防止し、かつ満足し得る溶接性を得るためには最終2本の電極先端間距離を、下記(I), (II)式を満足するよう設定する必要があるとの結論に至った。

$$0.0035VT^{1.5} \leq L \leq 0.0070VT^{1.5} + 20 \quad \cdots(I)$$

$$10 \leq L \leq 70 \quad \cdots(II)$$

前述の従来の複数電極を用いた斜管溶接方法では各電極による溶融部を繋ぎ一連の溶湯プールを形成させるよう各電極先端間距離を比較的短く設定されていた。しかし、Ti管の溶接では溶湯の盛上りという特異な現象が発生するため、むしろ溶湯プールの一体化を避け、従来とは異なる設定条件

上記試験溶接の過程を観察したところ、溶湯の盛上り現象は2本の電極を使用したときは両電極間で、また3本の電極を使用したときは第2電極と第3電極との間でそれぞれ発生することが確認された。またこれら溶湯の盛上り現象は上記2電極間の溶融部溶湯が一連の溶湯プールとして繋がった時に後方側の溶湯が前方に逆流して発生することが判明した。

そして、第1~4表の結果からこのような溶湯盛上り現象は造管速度が速い程またTi管の肉厚が大きい程、またさらに電極先端間距離が短い程発生し易いことが判明した。

そこで第1~第4表の結果を電極先端間距離(L)、造管速度(V)およびTi管肉厚(T)の関数として整理したところ第2図に示す結果を得た。

すなわち第2図に示すように溶湯盛上り現象は  $L < 0.0035VT^{1.5}$  の領域 (図中のA領域) で発生しており、これより溶湯の盛上りを防止するためには  $L \geq 0.0035VT^{1.5}$  とする必要があることが分った。

が必要であると分った。

述上のように、発明者等はまず溶湯の盛上りによる溶接中断を防止して高速造管を可能とする複数電極の適正配置条件を把握した。

そして、述上の電極配置条件において、造管速度を高めてなお商品質の溶接ビードを得られる適正溶接電流条件の把握を目的として、複数電極に与える溶接電流等を種々変更して試験溶接を行った。なお、この試験溶接に使用した管成形装置は前述の第3図に示すものであつて、またシールドガスは前述と同様にArガスを用いた。

これら試験溶接にて形成された溶接ビードについて、そのビード品質を調べたところ第5表に示す結果が得られた。

なお、溶接ビード品質については、溶接ビード断面にて測定した④ビード中央部肉厚(T<sub>0</sub>)と⑤内面ビード幅(W<sub>i</sub>)、および溶接ビードの内周方向外表面にて測定した⑥外面ビード平坦度のそれぞれについて合否判定した。

これについて説明すると、第4図は溶接ビード

断面模式図であつて、 $T$ は管肉厚 (mm)、 $T_o$ はビード中央部肉厚 (mm)、 $W_i$ は内面ビード幅 (mm)、 $W_o$ は外面ビード幅 (mm)を示し、前記溶接ビード断面の測定は該第4図のそれぞれの部位に対応する寸法を測定する。そして、第5図は溶接ビードの円周方向表面を表面粗度計にてそのプロフィールを測定した<sup>※式</sup>図であつて、外面ビードの平坦度は外面ビードの両端点を結んだ直線に対する凹部寸法 ( $\delta_1$ ) と凸部寸法 ( $\delta_2$ ) との加算測定値、すなわち  $\delta_1 + \delta_2$  ( $\mu m$ ) の値をもつて評価する。

そして、前記④ビード中央部肉厚 ( $T_o$ ) に関しては  $T \leq T_o \leq T + 9/100$  (mm) をもつて、⑤内面ビード幅 ( $W_i$ ) に関しては  $1.5 \leq W_i \leq 2.5$  (mm) をもつて、また⑥外面ビード平坦度(凹)に関しては  $F \leq 60$  ( $\mu m$ ) をもつてそれぞれ合格範囲とした。

なお、これらの判定基準値は溶接Ti管の溶接ビード品質評価のため施行されるフレア試験にて溶接ビード部に亀裂が発生したり、肉厚変動により超音波探傷試験にてノイズが発生したりしない形

状条件をもつて設定した。

(以下余白)

表 5

| 試験<br>A | 管肉厚T<br>(mm) | 溶接強度V<br>(mm/ml) | 溶接強度 (A)       |                |                |                |                | ビード品質合格判定         |                   |     |
|---------|--------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|-----|
|         |              |                  | I <sub>1</sub> | I <sub>2</sub> | I <sub>3</sub> | I <sub>4</sub> | I <sub>5</sub> | W <sub>i</sub> -J | T <sub>o</sub> -J | P-J |
| 1       | 0.49         | 4000             | 100            | 100            | 100            | 200            | 100            | ×                 | ×                 | ×   |
| 2       | 0.49         | 4000             | 110            | 110            | 110            | 220            | 110            | ×                 | ×                 | ×   |
| 3       | 0.49         | 4000             | 120            | 120            | 120            | 240            | 120            | ×                 | ×                 | ×   |
| 4       | 0.49         | 4000             | 130            | 130            | 130            | 260            | 130            | ×                 | ×                 | ×   |
| 5       | 0.49         | 4000             | 140            | 140            | 140            | 280            | 140            | ×                 | ×                 | ×   |
| 6       | 0.49         | 4000             | 150            | 150            | 150            | 300            | 150            | ×                 | ×                 | ×   |
| 7       | 0.49         | 4000             | 160            | 160            | 160            | 320            | 160            | ×                 | ×                 | ×   |
| 8       | 0.49         | 4000             | 170            | 170            | 170            | 340            | 170            | ×                 | ×                 | ×   |
| 9       | 0.49         | 4000             | 180            | 180            | 180            | 360            | 180            | ×                 | ×                 | ×   |
| 10      | 0.49         | 4000             | 190            | 190            | 190            | 380            | 190            | ×                 | ×                 | ×   |
| 11      | 0.49         | 4000             | 200            | 200            | 200            | 400            | 200            | ×                 | ×                 | ×   |
| 12      | 0.49         | 4000             | 210            | 210            | 210            | 420            | 210            | ×                 | ×                 | ×   |
| 13      | 0.49         | 4000             | 220            | 220            | 220            | 440            | 220            | ×                 | ×                 | ×   |
| 14      | 0.49         | 4000             | 230            | 230            | 230            | 460            | 230            | ×                 | ×                 | ×   |
| 15      | 0.49         | 4000             | 240            | 240            | 240            | 480            | 240            | ×                 | ×                 | ×   |
| 16      | 0.49         | 4000             | 250            | 250            | 250            | 500            | 250            | ×                 | ×                 | ×   |
| 17      | 0.49         | 4000             | 260            | 260            | 260            | 520            | 260            | ×                 | ×                 | ×   |
| 18      | 0.49         | 4000             | 270            | 270            | 270            | 540            | 270            | ×                 | ×                 | ×   |
| 19      | 0.49         | 4000             | 280            | 280            | 280            | 560            | 280            | ×                 | ×                 | ×   |
| 20      | 0.49         | 4000             | 290            | 290            | 290            | 580            | 290            | ×                 | ×                 | ×   |
| 21      | 0.49         | 4000             | 300            | 300            | 300            | 600            | 300            | ×                 | ×                 | ×   |
| 22      | 0.49         | 4000             | 310            | 310            | 310            | 620            | 310            | ×                 | ×                 | ×   |
| 23      | 0.49         | 4000             | 320            | 320            | 320            | 640            | 320            | ×                 | ×                 | ×   |
| 24      | 0.49         | 4000             | 330            | 330            | 330            | 660            | 330            | ×                 | ×                 | ×   |
| 25      | 0.49         | 4000             | 340            | 340            | 340            | 680            | 340            | ×                 | ×                 | ×   |
| 26      | 0.49         | 4000             | 350            | 350            | 350            | 700            | 350            | ×                 | ×                 | ×   |
| 27      | 0.49         | 4000             | 360            | 360            | 360            | 720            | 360            | ×                 | ×                 | ×   |
| 28      | 0.49         | 4000             | 370            | 370            | 370            | 740            | 370            | ×                 | ×                 | ×   |
| 29      | 0.49         | 4000             | 380            | 380            | 380            | 760            | 380            | ×                 | ×                 | ×   |
| 30      | 0.49         | 4000             | 390            | 390            | 390            | 780            | 390            | ×                 | ×                 | ×   |
| 31      | 0.49         | 4000             | 400            | 400            | 400            | 800            | 400            | ×                 | ×                 | ×   |
| 32      | 0.49         | 4000             | 410            | 410            | 410            | 820            | 410            | ×                 | ×                 | ×   |
| 33      | 0.49         | 4000             | 420            | 420            | 420            | 840            | 420            | ×                 | ×                 | ×   |
| 34      | 0.49         | 4000             | 430            | 430            | 430            | 860            | 430            | ×                 | ×                 | ×   |
| 35      | 0.49         | 4000             | 440            | 440            | 440            | 880            | 440            | ×                 | ×                 | ×   |
| 36      | 0.49         | 4000             | 450            | 450            | 450            | 900            | 450            | ×                 | ×                 | ×   |

I<sub>1</sub>: 第1電極の溶接強度  
 I<sub>2</sub>: 第2電極の溶接強度  
 I<sub>3</sub>: 第3電極の溶接強度  
 I<sub>4</sub>: 溶接強度の平均値  
 I<sub>5</sub>: 溶接強度の標準偏差  
 W<sub>i</sub>-J: 内面ビード幅の合格  
 T<sub>o</sub>-J: ビード中央部肉厚の合格  
 P-J: 外面ビード平坦度の合格  
 O: 合格, X: 不合格  
 各電極の先端間距離 L = 40mm  
 各電極の傾き角  $\theta = 20^\circ$   
 T<sub>1</sub> 管径 = 25.4mm



上記第5表に示す結果より、良好な結果を得たものを電極に与えた総溶接電流 ( $I_t$ )、造管速度 ( $V$ ) および Ti 管肉厚 ( $T$ ) の関数として整理したところ第1図の示す結果を得た。

すなわち第1図に丸、三角および四角印でプロットしたように良好な溶接ビードを得る総溶接電流 ( $I_t$ ) は、 $I_t = 0.09 VT^{1.5} + a$  の関係にあり、それらの分布は  $30 \leq a \leq 130$  の範囲であつた。

そして、 $I_t = 0.09 VT^{1.5} + 130$  を超える領域 (図中の Y 領域) になると内面ビード幅 ( $W_i$ ) が 2.5 mm 以上に過大、すなわち総溶接電流が ( $I_t$ ) が過大となり、また、 $I_t = 0.09 VT^{1.5} + 30$  未満の領域 (図中の X 領域) になると内面ビード幅 ( $W_i$ ) が 1.5 mm 以下の過少、すなわち総溶接電流 ( $I_t$ ) が過少となる。

従つて、前述判定基準を満足する良好な溶接ビードを得るためには、複数電極に与える総溶接電流 ( $I_t$ ) を下記(Ⅷ)式を満足する範囲内とする必要があるとの結論に至つた。

$$0.09 VT^{1.5} + 30 \leq I_t \leq 0.09 VT^{1.5} + 130 \dots\dots (Ⅷ)$$

(Ⅰ) は、下記(Ⅷ)式を満足する必要があるとの結論に至つた。

$$0.5 I_m \leq I_f \leq I_m \dots\dots (Ⅷ)$$

述上のように、造管速度 ( $V$ ) および管肉厚 ( $T$ ) との関連において、電極先端間距離 ( $L$ ) を前記 (Ⅰ)、(Ⅱ) 式を満足する範囲とし、また電極に与える総計電流 ( $I_t$ ) を前記(Ⅷ)式を満足する範囲で、かつ最終電極に与える溶接電流 ( $I_f$ ) を前記(Ⅷ)を満足する範囲とすることで、複数電極を用いて Ti 管の造管速度を高めると共に、高い品質の溶接ビードを得ることが可能となる。

#### (実施例)

第6図は、Ti 管を2電極を用いて溶接造管した実施例を示すものである。

第6図において、○および×印でプロットしたものは前述の第5表に示した溶接結果の内試験 № 1~15 の結果を第1電極の溶接電流 ( $I_1$ ) と第2電極の溶接電流 ( $I_2$ ) との関係にて示すものである。

溶接電流 ( $I_1, I_2$ ) 以外の条件としては、管成形装置は前述の第6図に示すものとし、造管速度 ( $V$ )

一方、外面ビード平坦度 ( $F$ ) について詳細に検討すると、第5表に示す試験 № 5, 6, 9, 10, 11, 18, 21, 27, および32の条件にて外面ビード平坦度 ( $F$ ) が不合格となつており、これらは最終電極に対する溶接電流 ( $I_f$ ) の配分と関連が認められ、 $I_f \leq 0.5 I_m$  になるときと  $I_f \geq I_m$  になるときは他の判定因子が良好であつても不合格となつている。

これらは、 $I_f \leq 0.5 I_m$  のとき外面ビードが凸状を呈することより最終電極の溶接電流 ( $I_f$ ) が小さ過ぎて、最終電極での溶込みが不充分となり最終のビード形状を形成する働きが失われたもので、また  $I_f \geq I_m$  のときアンダーカットやビード表面に肌あれが発生していることより最終電極の溶接電流が過大であつたと判断されるが、いずれにしても外面ビード平坦度は最終的に最終電極の溶接電流 ( $I_f$ ) の配分に依存することが明らかとなつた。

従つて、前記判定基準を満足する外面ビード平坦度を得るためには最終電極に与える溶接電流

$= 6 \text{ m/min}$ 、管肉厚 ( $T$ ) = 0.49 mm、管径 = 25.4 mm、電極先端間距離 ( $L$ ) = 40 mm および2電極の傾き角 =  $20^\circ$  とそれぞれ一定とした。そして被溶接材は純チタン (JIS: H4631 第2種) である。

また、第6図に×印でプロットしたものは、重量%で0.8% Ni と0.3% Mo を含むチタン合金 (ASTM: B338 Grade 12) を前記純チタンと同条件にて溶接造<sup>管</sup>して得られた下記第6表によるものである。

第 6 表

| 試験<br>№ | 管肉厚<br>T (mm) | 造管速度<br>V (m/min) | 溶接電流(A) |       | ビード品質可否判定     |               |             |
|---------|---------------|-------------------|---------|-------|---------------|---------------|-------------|
|         |               |                   | $I_1$   | $I_2$ | $W_i \cdot J$ | $T_c \cdot J$ | $F \cdot J$ |
| 37      | 0.49          | 6000              | 140     | 100   | ○             | ○             | ○           |
| 38      | "             | "                 | 160     | 120   | ○             | ○             | ○           |
| 39      | "             | "                 | 180     | 140   | ○             | ○             | ○           |

$W_i \cdot J$ : 内面ビード幅の可否,  $T_c \cdot J$ : ビード中央部肉厚の可否,  $F \cdot J$ : 外面ビード平坦度可否。

○ : 合格, × : 不合格。

$I_1$  : 第1電極の溶接電流。

$I_2$  : 第2電極の溶接電流

(他の条件は第5表と同じ)

なお、第6図に示す線分は上記の造管速度(V)および管内厚(T)との関連において、 $I_1 = -I_2 + 215$ は $0.09VT^{1.5} + 80$ と、 $I_1 = -I_2 + 315$ は $0.09VT^{1.5} + 130$ と、 $I_1 = I_2$ は $I_m = If$ と、 $I_1 = 3I_2$ は $0.5I_m = If$ とそれぞれ同様である。

第6図のプロットに示す各溶接造管の結果およびその過程の観察より、図中のa~fの各領域について説明すると、d-a-aの領域は本発明の(Ⅲ)式を満足する範囲で、f-a-gの領域は本発明の(Ⅳ)式を満足する範囲であり、従ってa領域が(Ⅲ)、(Ⅳ)式共に満足する本発明の適正溶接電流範囲である。また図中のプロットで示すように、この溶接電流範囲内にて溶接造管された管の溶接ビードはその判定において全て合格しており、該範囲がTi管の溶接について適正なものであることが理解されよう。

なおa領域以外においては、主として次のような問題点が認められた。

b-f-bの領域では、総溶接電流の不足に起因すると判断される内面ビード幅が過少となる傾向が認められた。

c-f-oの領域では、総溶接電流の過剰に起因すると判断される内面ビード幅が過大となる傾向が認められた。

dの領域では外面ビードが凸状となる傾向があり外面ビード平坦度不良となり易く、またeの領域ではアンダーカットが発生し外面ビードの平坦度不良となり易いことが認められ、これらは第2電極の溶接電流が過少または過大であるために発生するものと判明した。

そしてまた、チタン合金については第6図のプロットで示すようにa領域内の溶接電流では全て満足し得る結果が得られた。ただし純チタンに比較し内面ビード幅がやや小さくなる傾向が認められるので実施に当っては総溶接電流を前記範囲内での高目側にて選定することが望ましい。

第7図は本発明にかかるTi管の溶接方法において、複数電極の傾き角について調査した実施例の

電極配置を示す概要図である。

第7図において、09は5対のスクイズロールであつて、該スクイズロール09は前述の第3図に示した管成形装置のものと同一である。また01は管状体であつて、該管状体01は図中の矢印方向に進行し、前記スクイズロール09の前方に配列されたブレークダウンロールおよびフィンバースロールによりTi帯板を板幅方向に湾曲して成形されたものである。

(7)は2本の電極であつて、該電極(7)は前記管状体01の突合せ部の上方に配列され、第2電極先端が前記スクイズロール09のうち中央に配置されたものの中心線上となるよう配されている。

$\theta_1$ は第1電極の傾き角で、 $\theta_2$ は第2電極の傾き角であり、またL12は第1電極先端と第2電極先端間の距離を示す。

上記の配置関係にて、前記電極先端間距離L12を20mmまたは30mmに固定し、第1電極の傾き角 $\theta_1$ を変更して溶接を行い、その影響を調査して見た。

なお、他の条件は、材料は純チタン(JIS:H4631第2種)、管内厚(T)=0.7mm、管径=25.4mm、第1電極の溶接電流( $I_1$ )=300A、第2電極の溶接電流( $I_2$ )=200A、造管速度(V)=10m/minとした。

これらの調査により第7表に示す結果が得られた。

(以下余白)

第 7 表

| 電極先端間<br>距離(mm) | $\theta_2$<br>(°) | $\theta_1$ (°) |     |   |    |    |    |
|-----------------|-------------------|----------------|-----|---|----|----|----|
|                 |                   | -30            | -15 | 0 | 15 | 30 | 45 |
| 20              | 0                 | △              | △   | ○ | —  | —  | —  |
| 20              | 15                | △              | △   | × | ×  | —  | —  |
| 20              | 30                | △              | △   | × | ×  | —  | —  |
| 20              | 45                | △              | △   | — | —  | —  | —  |
| 30              | 0                 | —              | △   | — | —  | —  | —  |
| 30              | 15                | —              | △   | ○ | ○  | —  | —  |
| 30              | 30                | —              | —   | ○ | ○  | ○  | —  |
| 30              | 45                | —              | —   | ○ | ○  | ○  | ○  |

- : 健全なビード  
 △ : ハンピングビード発生  
 × : 溶湯盛り発生  
 $\theta_1$  : 第1電極の傾き角  
 $\theta_2$  : 第2電極の傾き角

傾き角を大きくする方向で選定することが望ましいが、しかしこれが $45^\circ$ を超えるときは実用上ワークが不安定となる等の新たな問題が派生する。

従って電極の傾き角は $0^\circ$ 以上 $45^\circ$ 以下の範囲で望ましくは $15^\circ$ 以上 $30^\circ$ 以下の範囲にて、しかも造管速度と調和させて設定すべきである。

#### (発明の効果)

述上のように本発明によれば、これら条件を満足する複数電極にてチタンまたはチタン合金帯より成形された管状体の突合せ部を溶接することによって高い品質の溶接ビードを得てなお大巾に造管速度を向上することが可能であつて、例えば、単電極による溶接造管では $3.5\text{ m/min}$  (肉厚 $1\text{ mm}$ 以下)、 $1.5\text{ m/min}$  (肉厚 $1.5$ 程度)が限度とされていたものが前者で $8\text{ m/min}$ 、後者で $5\text{ m/min}$ とそれぞれ2倍速以上 $\frac{1}{2}$ その造管速度が向上し得る等、大きな効果を得ることができる。

#### 4 図面の簡単な説明

第1図は本発明の溶接電流 $I_1$ と $VT^{1.5}$ の関係を示すグラフ。

第7表に示すように、第一電極の傾き角 $\theta_1$ がマイナス側、すなわち電極先端が管状体の反供給側を向き、電極の上部が前記供給側に倒れたような配置となるとハンピングビード(ビード部外表面に断続的な斑点模様が発生される現象)が発生した。

なお、第7表中に×印で示す溶湯盛上りの発生が認められるが、これは溶接条件を検討するとき、電極先端間距離 $L_{12}$ が $0.0035\text{ V T}^{1.5}$ 以下であるためであることが分る。

またハンピングビードの発生状況は3本の電極を使用したときも同様傾向が認められたので、第1電極の傾き角は $0^\circ$ 以上とすべきである。

そして、複数電極をその先端間距離を $10\text{ mm}$ から $70\text{ mm}$ として、かつ八字状に配することは互の上部が接触することになり実質的に配置し得ないこと、および前述の試験溶接の経験より見て、複数電極の配置は各電極を平行、すなわち同一傾き角で $15^\circ \sim 30^\circ$ とすることが望ましい。

またこれら傾き角は造管速度の増加に伴いその

第2図は本発明の電極先端間距離 $L$ と $VT^{1.5}$ の関係を示すグラフ。

第3図は本発明の実施に使用する管成形装置の概要図。

第4図は溶接ビード断面模式図。

第5図は外面ビード表面のプロファイルを測定した<sup>像式</sup>図。

第6図は実施例の第1電極の溶接電流 $I_1$ と第2電極の溶接電流 $I_2$ と合否結果との関係を示すグラフ。

第7図は実施例の2電極配置を示す概要図。

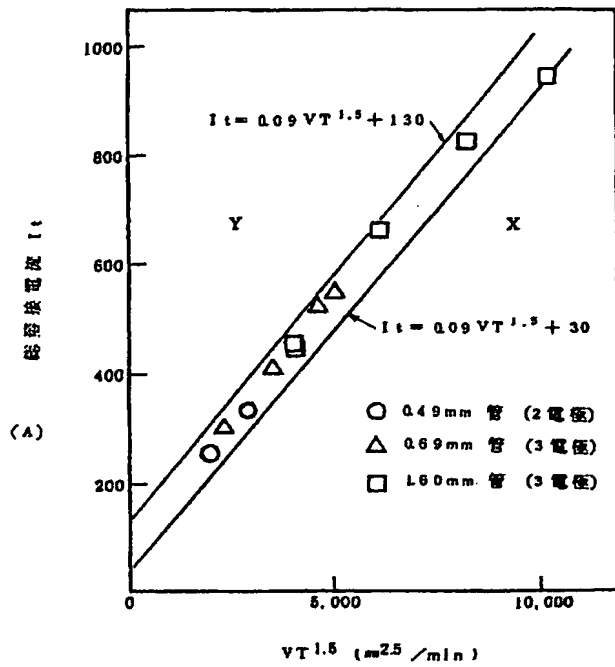
第8図は従来の管成形装置を示す概要図。

第9図は従来の溶接装置を示す正面図。

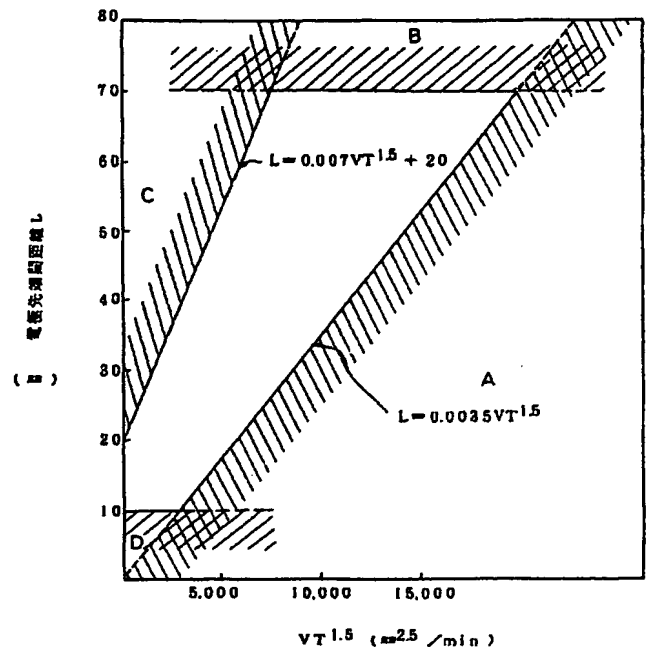
第10図は従来の溶接装置を示す斜視図。

F…帯板、1…アンコイラー、2…成形ローラ、3…ブレイクダウンローラ、4…フィンバシローラ、5…スクイズロール、6…サイジングロール、7…電極、8…検出ロール、9…探触子、H…ホルダー、I…電流コントローラ、S…速度検出器、T…板厚測定器。

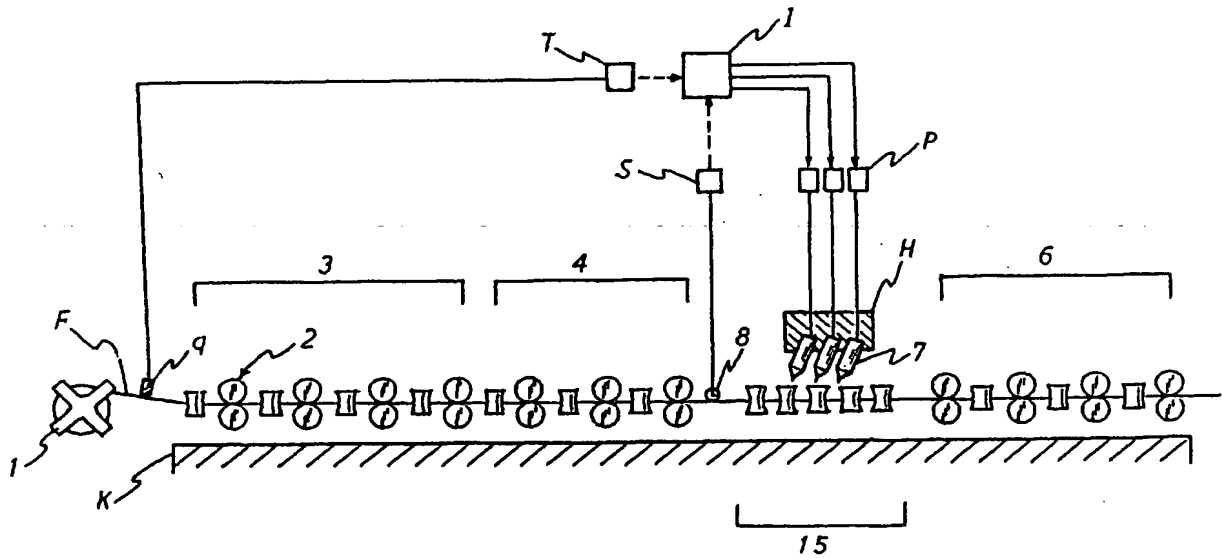
第1図



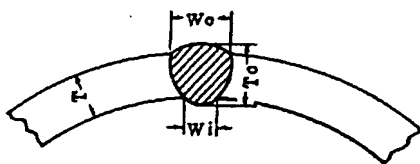
第2図



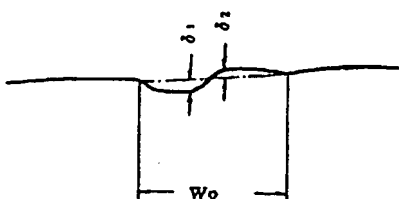
第3図



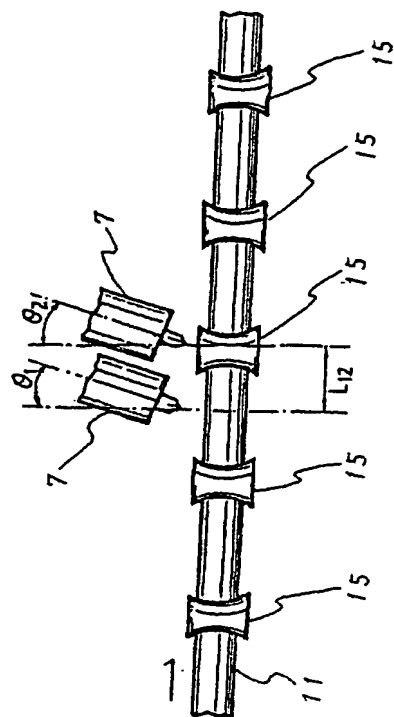
第4図



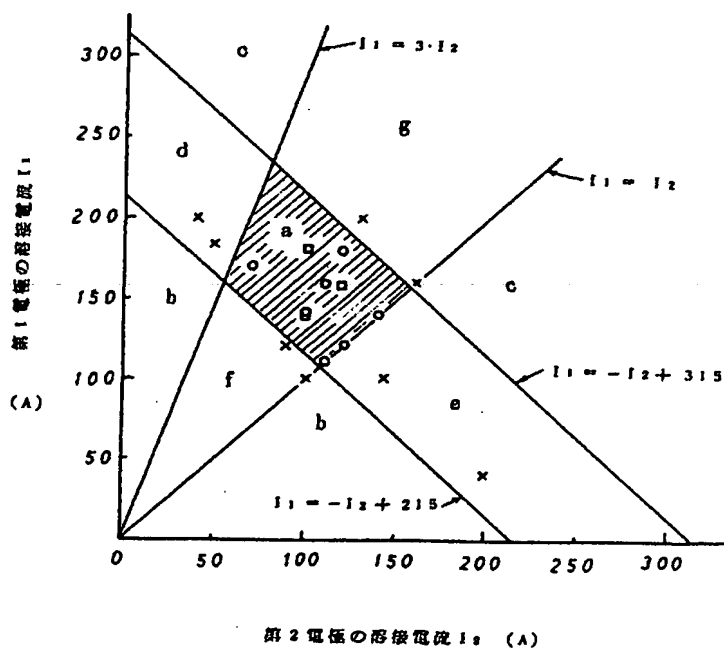
第5図



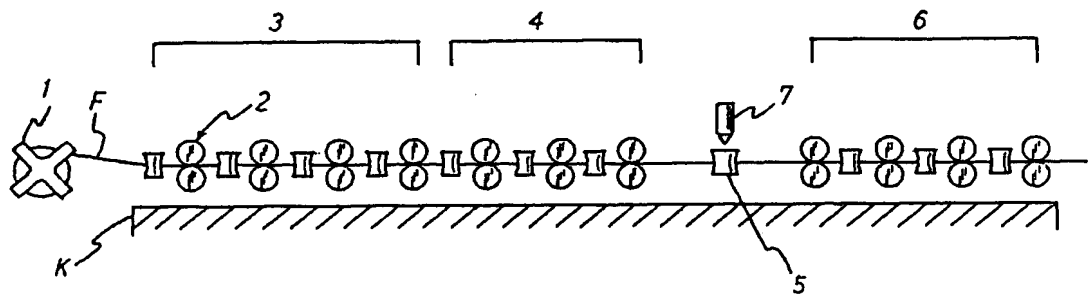
第7図



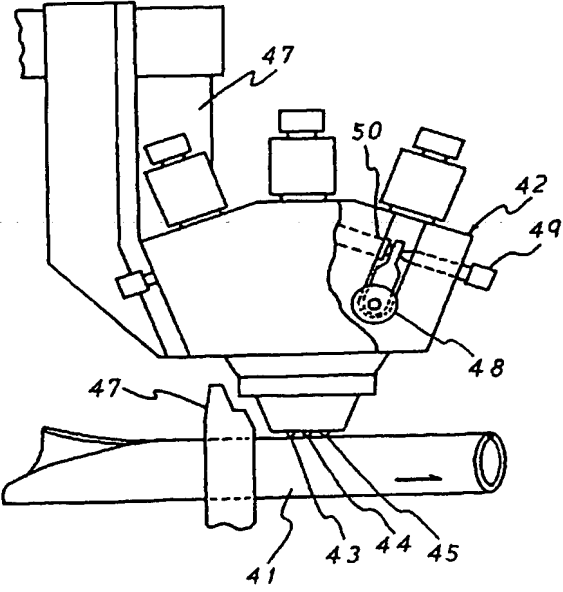
第6図



第8図



第9図



第10図

